

## **STUDI EXPERIMENTAL TURBIN ANGIN SAVONIUS SATU TINGKAT DENGAN PENAMBAHAN FIX DRAG REDUCING PADA RETURNING BLADE (STUDI KASUS PADA DUA SUDU)**

**Dony Aji Prabowo**

S1 Pendidikan Teknik Mesin Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail : [donyprabowo@mhs.unesa.ac.id](mailto:donyprabowo@mhs.unesa.ac.id)

**Indra Herlamba Siregar**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: [indrasiregar@unesa.ac.id](mailto:indrasiregar@unesa.ac.id)

### **Abstrak**

Seiring pesatnya perkembangan teknologi, ekonomi dan pertumbuhan penduduk menyebabkan semakin meningkatnya kebutuhan energi. Sumber energi minyak bumi masih mendominasi sebagai sumber energi utama. Permintaan energi minyak bumi dari tahun ketahun semakin meningkat hal ini dapat menyebabkan krisis energi. Dengan kondisi seperti ini maka perlu pengembangan sumber energi alternatif ramah lingkungan salah satunya adalah energi angin. Indonesia merupakan negara dengan potensi sumber energi angin yang sangat besar dikarenakan Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki garis pantai yang panjang. Angin yang berhembus di daerah pesisir pantai cukup tinggi, akan tetapi untuk daerah selain pesisir pantai memiliki kecepatan angin yang relatif rendah. Hal tersebut dapat diatasi dengan menggunakan turbin angin sumbu vertikal. Turbin angin sumbu vertikal tidak bergantung pada arah angin untuk menghasilkan daya maksimal. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen, pembuatan turbin angin sumbu vertikal jenis *savonius* dengan menambahkan variasi *fix drag reducing*. Variasi *fix drag reducing* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pada variasi sudut bukaan  $10^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ . Uji eksperimen ini untuk mengetahui efisiensi penambahan *fix drag reducing* terhadap kinerja turbin angin *savonius* satu tingkat dengan dua sudu. Hasil penelitian didapatkan bahwa turbin angin jenis *Savonius* 1 tingkat 2 sudu dengan penambahan variasi bukaan *fix drag reducing*  $30^{\circ}$  menghasilkan daya elektrik turbin sebesar 6,52 watt, efisiensi turbin sebesar 9,52% pada kecepatan angin 3,59 m/s dan mendapatkan terbaik dibandingkan dengan variasi bukaan *fix drag reducing* yang lain.

**Kata kunci:** Energi angin, sumbu vertikal, turbin angin *savonius*, sudu, *fix drag reducing*, *blade*.

### **Abstract**

As the rapid development of technology, the economy and population growth leads to increasing energy needs. Petroleum energy sources still dominate as the main energy source. The demand for petroleum energy from year to year is increasing, this can cause an energy crisis. With these conditions, it is necessary to develop environmentally friendly alternative energy sources, one of which is wind energy. Indonesia is a country with a huge potential for wind energy because Indonesia is an archipelago that has a long coastline. Winds that blow in coastal areas are quite high, but for areas other than the coast they have relatively low wind speeds. This can be overcome by using vertical axis wind turbines. Vertical axis wind turbines do not depend on the wind direction to produce maximum power. This type of research is experimental research, making *savonius* type vertical axis wind turbines by adding drag reducing fix variations. Fix drag reducing variations used in this study are  $10^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$  opening angle variations. This experimental test to find out the efficiency of adding drag drag to the performance of a single-level *savonius* wind turbine with two blades. The results showed that *Savonius* 1 level 2 blade with the addition of a  $30^{\circ}$  drag reducing fix opening resulted in electric power of 6.52 watts, turbine efficiency of 9.52% at wind speeds of 3.59 m/s and getting the best compared to the variation of other drag reducing openings.

**Keywords:** Wind energy, vertical axis, wind turbine *savonius*, blade, drag reducing fix, blade.

## PENDAHULUAN

Untuk mengatasi krisis energi masa akan datang sudah banyak solusi yang sudah ditemukan. Salah satunya dengan memanfaatkan energi terbarukan. Energi terbarukan dapat didefinisikan sebagai energi yang secara cepat dapat diproduksi kembali melalui proses alam. Angin adalah salah satu bentuk energi tertua yang banyak digunakan manusia. Sebagaimana pada dasarnya angin terjadi karena adanya perbedaan temperatur antara udara panas dan udara dingin. Dalam proses terjadinya angin dipengaruhi oleh beberapa faktor yang menyebabkan angin dapat ada dan muncul antara lain: 1.) Gradien Barometris, adalah bilangan yang menampilkan adanya perbedaan tekanan udara dari 2 isobar pada jarak 111 km, semakin besar gradien barometris, maka semakin cepat juga tiupan angin, 2.) Letak tempat, adalah angin lebih cepat yang berada/dekat garis khatulistiwa, dari pada yang jauh dari khatulistiwa, 3.) Tinggi tempat, tinggi rendahnya tempat/lokasi dapat mempengaruhi karena semakin tinggi tempat tersebut, maka semakin kencang angin bertiup, dan sebaliknya, Hal ini dapat terjadi karena adanya pengaruh gaya gesekan yang menghambat laju udara. Pada permukaan yang tidak merata seperti gunung, pohon dan tempat lainnya memberikan gaya gesekan yang besar. 4.) Waktu siang hari angin bergerak lebih cepat dari pada malam hari.

Dengan potensi angin yang cukup di Indonesia maka dapat dimanfaatkan untuk pengaplikasian turbin angin. *Vertical Axis Wind Turbin* (VAWT) merupakan turbin angin sumbu tegak yang gerakan poros dan rotor sejajar dengan arah angin, sehingga rotor dapat berputar pada semua arah angin. *Vertical Axis Wind Turbin* (VAWT) terbagi menjadi dua, yaitu Savonius dan Darrieus. Turbin Savonius memanfaatkan gaya *drag* sedangkan Darrieus memanfaatkan gaya *lift*.

Turbin angin savonius merupakan salah satu jenis turbin angin yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik, turbin angin savonius ini cukup sederhana dan praktis tidak terpengaruh oleh arah angin. Turbin angin savonius mengkonversikan energi angin menjadi energi mekanis dalam bentuk gaya dorong (*drag force*), sebagian sudut mengambil energi angin disebut *downwind* sedangkan sudu yang melawan angin

disebut *upwind*. Energi angin yang memutar turbin angin diteruskan untuk memutar rotor pada generator dibagian bawah turbin angin. (Blakwell, 1997.).

Moch. Arif Afifuddin (2010) mengenai studi ekperimental performansi *vertical axis turbine* (VAWT) dengan variasi desain turbin analisa. Didapatkan hasil penelitian bahwa perbedaan panjang rotor dan kecepatan angin yang mengenai turbin berpengaruh dengan putaran turbin dan torsi yang diterima oleh turbin. Dalam penelitian ini menggunakan *blade savonius*.

Penelitian tentang turbin angin savonius dilakukan oleh Marizka Lustia Dewi (2010) dengan judul "*analisis kerja turbin angin poros vertikal dengan modifikasi rotor savonius L untuk optimasi kinerja turbin*". Hasil penelitian nilai TSR maksimum turbin untuk setiap turbin savonius L modifikasi terjadi ketika kecepatan angin sebesar 4,6 m/s.

Penelitian tentang turbin angin savonius dilakukan oleh Paige Archinal, Jefferson lee, dkk dengan judul "*partially enclosed vertical axis wind turbine*". Model turbin dengan tinggi turbin 37,50 cm dan diameter 26 cm dengan penambahan tutup setengah lingkaran untuk memaksimalkan kinerja turbin. Hasil penelitian turbin dengan tutup setengah lingkaran yaitu menunjukkan penurunan koefisien kinerja sebesar 83% menjadi 72%, output torsi sebesar 56% dan 86%, output daya sebesar 49% dan 92% untuk kecepatan angin 3,7 m/s.

Penelitian tentang turbin angin savonius dilakukan oleh Robby ilham fitranda, (2014) dengan judul "*karakteristik turbin angin savonius 2 dan 3 blade dengan menggunakan guide vane*". Model turbin dengan spesifikasi blade 2 buah dan 3 buah, tinggi 300 mm, panjang 300 mm, dan diameter 17,5 mm, kecepatan angin rata-rata 3,5 dan 4,2 m/s, dengan variasi beban 600 gr, 700 gr, 800 gr, dengan variasi sudut 0°, 15°, 30°, 45°. Hasil penelitian menunjukkan turbin angin 2 blade memiliki daya dan koefisien yang maksimal dengan menggunakan sudut guide vane 15° yang mampu menghasilkan putaran lebih optimum.

Penelitian tentang turbin angin savonius dilakukan oleh M. haydarul haqqi, Gunawan Nugroho, Ali musyafa' (2013) dengan judul "*Rancang bangun turbin angin vertikal savonius dengan variasi jumlah blade terintegrasi circular shield untuk memperoleh daya maksimum*". Hasil penelitian

menunjukkan bahwa turbin konvensional 2 sudu dengan adanya *circular shield* memperlihatkan performa lebih baik dan nilai  $C_p$  meningkat cukup tinggi rata-rata peningkatan  $C_p$  sebesar 87% dengan kecepatan angin 3,5- 4m/s.

Feri Hidayatulloh (2017) mengenai “pengaruh perubahan sudut lengkung blade terhadap kinerja turbin angin savonius tipe S dua tingkat pada kondisi angin real dengan variasi perubahan sudut lengkung 125°, 130°, 155°”. Kecepatan angin di lapangan hasil pengujian rata-rata antara 2-6 m/s dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut : Perubahan sudut lengkung blade berpengaruh terhadap kinerja putaran poros dan kemampuan self starting, turbin savonius dengan sudut lengkung 125° lebih tinggi pada kecepatan angin 2,47 m/s, sudut lengkung 130° pada kecepatan angin 2,67 m/s dan sudut lengkung blade 135° pada kecepatan angin 2,78 m/s pada saat self startingnya. Daya tertinggi turbin angin savonius tipe S dua tingkat pada kondisi angin di lapangan sudut lengkung blade 125° sebesar 37,41 watt dan ( $P_g$ ) daya elektrikal generator 47,33 watt pada kecepatan angin 6,73 m/s dengan tip speed ratio ( $\lambda$ ) 0,76 Efisiensi ( $\eta$ ) turbin angin savonius tipe S dua tingkat tertinggi dihasilkan dengan variasi sudut lengkung blade 125° sebesar 24,92 % pada kecepatan angin 3,42 m/s.

Dari latar belakang di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang “Studi Experimental Turbin Angin Savonius Satu Tingkat Dengan Penambahan Fix Drag Reducing Pada Returning Blade (Studi Kasus Pada Dua Sudu)” pada kondisi angin di lapangan.

### Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah yang diajukan adalah sebagai berikut:

- ❖ Bagaimana pengaruh *fix drag reducing* pada *returning blade* terhadap daya yang dihasilkan turbin angin savonius pada kondisi angin di lapangan?
- ❖ Bagaimana pengaruh *fix drag reducing* pada *returning blade* terhadap efisiensi turbin angin savonius pada kondisi angin di lapangan?

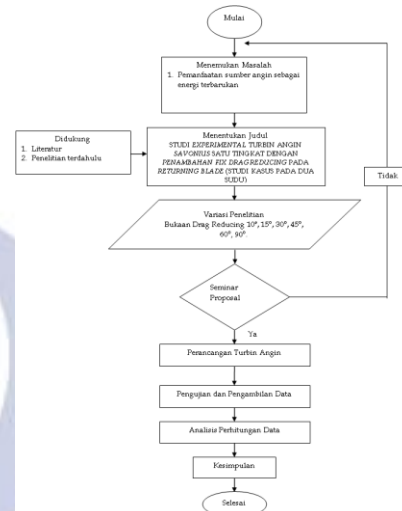
### Tujuan Penelitian

- ❖ Mengetahui daya yang dihasilkan oleh turbin angin savonius satu tingkat dengan

penambahan *fix drag reducing* pada *returning blade* (studi kasus pada dua sudu).

- ❖ Mengetahui efisiensi yang dihasilkan oleh turbin angin savonius satu tingkat dengan penambahan *fix drag reducing* pada *returning blade* (studi kasus pada dua sudu).

### METODE



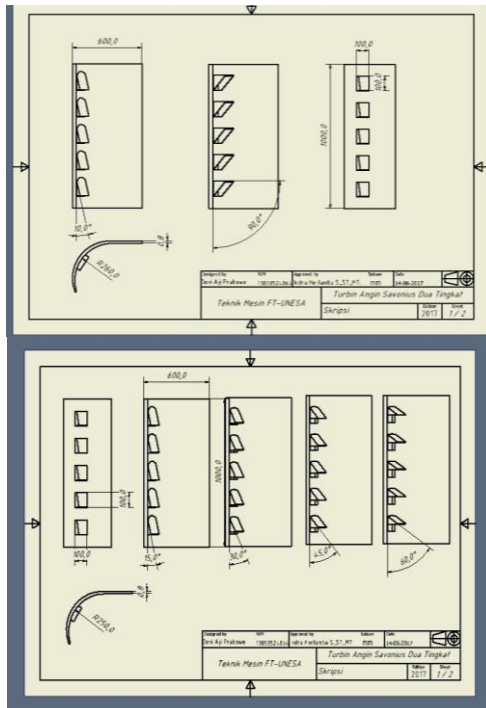
Gambar 1, Flow chart penelitian

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi perancangan turbin angin vertikal jenis *Savonius* (dua sudu) satu tingkat dengan variasi penambahan *fix drag reducing*, pembuatan turbin angin vertikal, set up alat, dan pengambilan data.

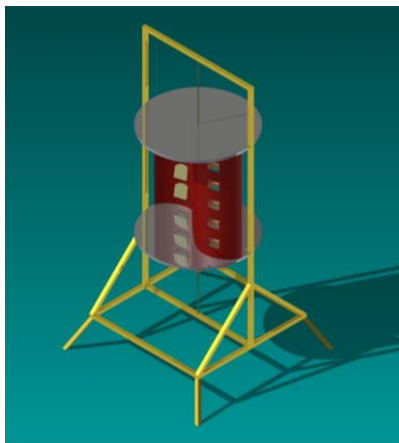
### Variabel Penelitian

- ❖ Variabel bebas (*independent variable*) adalah variabel yang menyebabkan atau mempengaruhi, yaitu faktor – faktor yang diobservasi. Variabel bebas pada penelitian ini adalah variasi bukaan *fix drag reducing* 10°, 15°, 30°, 45°, 60°, 90°.

## Studi *Experimental* Turbin Angin Savonius Satu Tingkat Dengan *Penambahan Fix Drag Reducing* Pada *Returning Blade* (Studi Kasus Pada Dua Sudut)



Gambar 2, Desain *fix drag reducing*



Gambar 3, Desain turbin angin Savonius

Diameter turbin 1000 mm

Tinggi *blade* 1000 mm

Tebal *blade* 0,8 mm

Tinggi turbin keseluruhan 1000 mm

- ❖ Variabel terikat (*dependent variable*) adalah faktor – faktor yang diobservasi dan diukur untuk menentukan adanya pengaruh dari variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini adalah daya dan efisiensi yang dihasilkan pada masing – masing variasi bukaan *fix drag reducing*.
- ❖ Variabel kontrol merupakan variabel yang dapat dikendalikan sehingga pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat tidak

dipengaruhi oleh faktor – faktor lain yang tidak termasuk dalam penelitian. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah:

- Waktu pengambilan data pukul 10.00 – 16.20 WIB.
- Pengambilan data kecepatan angin awal sebagai acuan sehingga pengambilan data selanjutnya yaitu kecepatan angin yang mendekati acuan data awal dengan toleransi kecepatan angin maksimal 0,5 m/s. Menyiapkan

### Prosedur Penelitian

Sebelum melakukan penelitian, hal-hal yang dipersiapkan peneliti adalah sebagai berikut:

#### Tahap persiapan

- proposal penelitian, menentukan rumusan masalah, membuat rancangan penelitian, serta menentukan waktu dan tempat penelitian.
- Berkonsultasi dengan dosen pembimbing mengenai proposal penelitian dan rumusan masalah yang telah dipilih oleh peneliti.
- Mendesain model turbin angin sumbu vertikal jenis *savonius* dengan penambahan *fix drag reducing* dengan bukaan variasi sudut 10°, 15°, 30°, 45°, 60° dan 90°.
- Survei dan membeli perlengkapan dan alat – alat yang akan digunakan.
- Menyiapkan instrumen penelitian dan alat ukur.
- Melakukan koordinasi dengan dosen pembimbing mengenai waktu pelaksanaan penelitian.

#### Tahap *Assembly*

- Perakitan *fix drag reducing* sesuai dengan derajatnya.
- Perakitan turbin angin pada rangka
- Memasang blade pada turbin angin
- Memasang sistem kelistrikan turbin angina

#### Tahap Pelaksanaan Penelitian

- Menentukan arah angin supaya turbin bisa berjalan maksimal.
- Pastikan rangkaian turbin angin sumbu vertikal berjalan lancar.



- Kemudian menentukan derajat bukaan *fix drag reducing* yang akan diteliti yaitu  $10^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  dan  $90^\circ$ .
- Pengambilan data dilakukan dalam interval 1 mulai kecepatan angin 2,5 m/s samapai dengan 6,5 m/s.
- Pengambilan data mulai pukul 10.00 – 16.20 WIB.
- Ukur kecepatan angin menggunakan anemometer.
- Ukur putaran turbin menggunakan tachometer.
- Ukur arus dan voltase menggunakan amperemeter dan voltmeter.
- Pencatatan hasil dari semua pengukuran yang dilakukan dari setiap 20 menit.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian data “Studi Experimental Turbin Angin Savonius Satu Tingkat Dengan Penambahan *Fix Drag Reducing* Pada *Returning Blade* (Studi Kasus Pada Dua Sudu)” dengan variasi bukaan *fix drag reducing*  $10^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  yang di peroleh dari pengujian di gedung A8 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya mendapatkan hasil yang di sajikan pada tabel berikut ini.

**Tabel 1.** Hasil dan Penelitian

Bukaan <i>Fix Drag Reducing</i> $10^\circ$					
Waktu Pengujian 14 September 2018 Pukul 09.20 – pukul 16.40	No	kecepatan angin(M/S)	Rpm	Tegangan (V)	Arus (A)
	1	4,13	67,8	11,35	0,26
	2	3,69	59,8	10,76	0,20
	3	3,37	49,0	10,35	0,15
	4	4,89	87,1	12,77	0,36
	5	3,58	52,9	10,68	0,18
	6	4,27	71,8	12,22	0,30
	7	4,19	69,9	11,44	0,27
	8	5,24	97,6	13,38	0,43
	9	3,45	50,9	10,60	0,17
	10	4,38	73,9	12,28	0,31
	11	5,10	92,8	12,98	0,37
	12	5,18	95,5	13,05	0,40
	13	4,98	91,0	12,93	0,37
	14	3,85	62,6	11,15	0,23
	15	5,36	99,3	13,58	0,44
	16	4,50	77,9	12,39	0,32
	17	3,93	64,8	11,26	0,25
	18	3,25	44,3	10,17	0,13

Bukaan <i>Fix Drag Reducing</i> $15^\circ$					
Waktu Pengujian 16 September 2018 Pukul 10.00 – pukul 16.20	No	kecepatan angin(M/S)	Rpm	Tegangan (V)	Arus (A)
	1	3,57	57,5	10,72	0,18
	2	4,17	72,6	11,46	0,27
	3	3,25	44,9	10,38	0,13
	4	3,48	53,7	10,60	0,17
	5	5,10	94,0	13,27	0,41
	6	4,28	75,9	11,68	0,28
	7	4,65	84,7	12,85	0,33
	8	4,46	80,4	12,53	0,30
	9	3,97	68,6	11,37	0,23
	10	5,19	96,1	13,38	0,42
	11	4,77	87,0	12,94	0,34
	12	5,27	97,4	13,55	0,43
	13	5,38	99,8	13,71	0,44
	14	4,56	82,4	12,77	0,32
	15	4,35	78,3	12,37	0,29
	16	3,68	60,4	10,83	0,20
	17	3,87	66,5	11,24	0,22
	18	3,36	47,8	10,56	0,15

Bukaan <i>Fix Drag Reducing</i> $30^\circ$					
Waktu Pengujian 18 September 2018 Pukul 10.00 – pukul 16.20	No	kecepatan angin(M/S)	Rpm	Tegangan (V)	Arus (A)
	1	3,41	49,3	10,95	0,19
	2	4,22	75,9	11,67	0,28
	3	3,29	46,4	10,74	0,18
	4	3,98	70,7	11,63	0,27
	5	4,58	83,7	12,74	0,34
	6	4,37	79,6	12,55	0,32
	7	5,11	97,5	13,91	0,40
	8	5,41	105,9	14,49	0,45
	9	5,22	99,8	13,97	0,42
	10	4,66	86,5	12,98	0,35
	11	5,31	102,8	14,27	0,44
	12	4,98	95,1	13,79	0,39
	13	4,32	77,4	11,74	0,30
	14	3,81	64,5	11,51	0,25
	15	4,49	81,5	12,62	0,33
	16	3,51	54,8	11,07	0,21
	17	3,72	62,6	11,45	0,25
	18	3,59	57,9	11,36	0,24

Bukaan <i>Fix Drag Reducing</i> $45^\circ$					
Waktu Pengujian 20 September 2018 Pukul 10.00 – pukul 16.20	No	kecepatan angin(M/S)	Rpm	Tegangan (V)	Arus (A)
	1	4,13	64,9	11,67	0,21
	2	3,37	46,2	10,35	0,14
	3	3,56	50,5	10,44	0,17
	4	3,77	53,9	11,58	0,18
	5	4,62	77,8	12,49	0,29
	6	4,31	70,3	12,08	0,24
	7	5,17	89,8	12,67	0,34
	8	4,55	76,5	12,45	0,29
	9	3,85	60,7	11,62	0,19
	10	3,26	43,5	10,31	0,13
	11	5,09	88,1	12,62	0,33
	12	3,68	52,7	10,51	0,17
	13	5,24	91,7	12,73	0,37
	14	5,39	95,8	12,81	0,39
	15	4,51	74,8	12,25	0,26
	16	3,46	48,5	10,40	0,15
	17	4,43	73,9	12,17	0,25
	18	4,16	67,9	11,74	0,22

# Studi *Experimental* Turbin Angin Savonius Satu Tingkat Dengan Penambahan *Fix Drag Reducing* Pada *Returning Blade* (Studi Kasus Pada Dua Sudu)

Bukaan <i>Fix Drag Reducing</i> 60°					
Waktu Pengujian 23 September 2018 Pukul 10.00 – pukul 16.20	No	kecepatan angin(M/S)	Rpm	Tegangan (V)	Arus (I)
	1	3,68	45,9	10,58	0,16
	2	4,11	57,6	11,16	0,20
	3	3,42	41,3	10,17	0,14
	4	3,93	52,9	10,88	0,17
	5	4,45	61,7	11,38	0,26
	6	4,86	69,3	11,78	0,29
	7	5,24	79,1	12,15	0,32
	8	4,33	59,4	11,29	0,23
	9	5,04	73,8	11,91	0,30
	10	5,35	85,6	12,27	0,33
	11	4,81	67,9	11,67	0,28
	12	3,55	44,8	10,23	0,15
	13	3,23	37,3	10,14	0,12
	14	3,83	48,1	10,66	0,17
	15	3,65	45,8	10,57	0,16
	16	4,23	57,4	11,25	0,21
	17	4,04	55,9	11,09	0,19
	18	3,36	39,4	10,13	0,13

Bukaan <i>Fix Drag Reducing</i> 90°					
Waktu Pengujian 25 September 2018 Pukul 10.00 – pukul 16.20	No	kecepatan angin(M/S)	Rpm	Tegangan (V)	Arus (A)
	1	3,78	32,2	10,37	0,12
	2	4,69	51,3	11,18	0,23
	3	3,53	28,6	10,04	0,11
	4	3,35	23,8	9,86	0,09
	5	4,31	44,2	11,03	0,17
	6	5,09	59,8	11,36	0,24
	7	5,17	61,9	11,69	0,26
	8	5,29	65,8	11,86	0,27
	9	4,57	48,8	11,13	0,22
	10	4,21	41,3	10,94	0,16
	11	5,33	67,8	11,94	0,28
	12	3,91	36,6	10,74	0,14
	13	3,41	25,7	9,94	0,10
	14	4,88	57,0	11,30	0,23
	15	4,49	47,6	11,10	0,22
	16	3,43	27,8	9,89	0,10
	17	3,27	22,7	9,83	0,08
	18	4,07	42,1	10,88	0,16

## Analisa Perhitungan

### ❖ Daya Angin

$$P_w = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

$$P_w = \frac{1}{2} \times 1,225 \times 1 \times 3,37^3$$

$$P_w = 23,44 \text{ watt}$$

### ❖ TSR

$$\lambda = \frac{\pi D n}{60 v}$$

$$\lambda = \frac{3,14 \times 1 \times 49}{60 \times 3,37}$$

$$\lambda = 0,76$$

### ❖ Daya Elektrik Genertor

$$P_g = V \times I$$

$$P_g = 10,35 \text{ volt} \times 0,15 \text{ ampere}$$

$$P_g = 1,55 \text{ watt}$$

### ❖ Efisiensi Overall

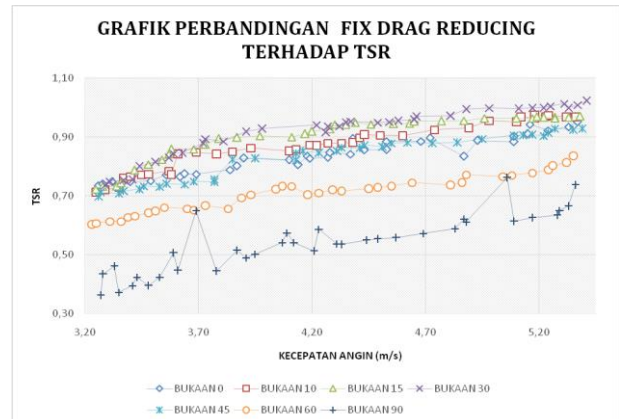
$$\eta = \frac{P_t}{P_w} \times \frac{P_g}{P_t} \times 100 \%$$

$$\eta = \frac{P_g}{P_w} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{1,55}{23,44} \times 100 \%$$

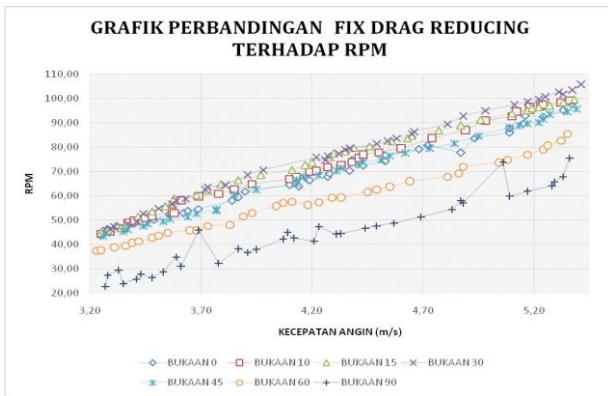
$$\eta = 6,62 \%$$

## PEMBAHASAN



**Gambar 4.1** Grafik hubungan kecepatan angin terhadap TSR

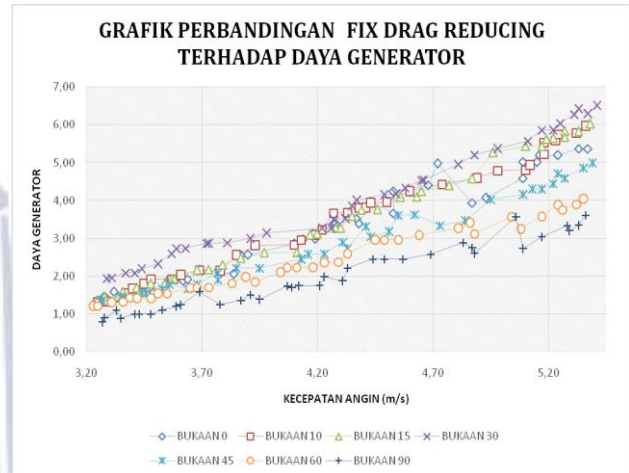
Berdasarkan gambar 4.1 diatas, perbandingan antara kecepatan angin dengan TSR nilai yang dicapai oleh turbin angin vertikal jenis *Savonius 2 blade* 1 tingkat dengan variasi bukaan *fix drag reducing* pada kondisi angin di lapangan. Tanpa variasi bukaan *fix drag reducing* sebesar 0,95 pada kecepatan angin 5,37 m/s. Sedangkan dengan variasi bukaan *fix drag reducing* 10° sebesar 0,98 pada kecepatan angin 5,18 m/s. Pada variasi bukaan *fix drag reducing* 15° mengalami penurunan, sebesar 0,97 pada kecepatan angin 5,38 m/s. Pada variasi bukaan *fix drag reducing* 30° mengalami kenaikan, sebesar 1,02 pada kecepatan angin 5,41 m/s. Pada variasi bukaan *fix drag reducing* 45° mengalami penurunan, sebesar 0,93 pada kecepatan angin 5,39 m/s. Pada variasi bukaan *fix drag reducing* 60° mengalami penurunan, sebesar 0,84 pada kecepatan angin 5,35 m/s. Pada variasi bukaan *fix drag reducing* 90° mengalami penurunan, sebesar 0,74 pada kecepatan angin 5,36 m/s. Turbin angin *savonius* dengan variasi bukaan *fix drag reducing* 30° memiliki nilai TSR tertinggi dikarenakan gaya *drag* yang diterima turbin angin *savonius* pada sudu *up wind* lebih kecil dibandingkan dengan variasi jumlah blade lainnya.



**Gambar 4.2** Grafik hubungan kecepatan angin terhadap putaran turbin (RPM)

Berdasarkan gambar 4.2 perbandingan antara kecepatan angin dengan putaran turbin (rpm), bahwa kecepatan angin berbanding lurus dengan putaran turbin (rpm). Variasi bukaan *fix drag reducing* menunjukkan hasil dari kemampuan terendah. Tanpa variasi bukaan *fix drag reducing* pada kecepatan angin 3,25 m/s menghasilkan putaran 43,7 rpm. Sedangkan dengan variasi bukaan *fix drag reducing* 10° pada kecepatan angin 3,25 m/s menghasilkan putaran sebesar 44,3 rpm. Variasi bukaan *fix drag reducing* 15° pada kecepatan angin 3,25 m/s menghasilkan putaran sebesar 44,9 rpm. Variasi bukaan *fix drag reducing* 30° pada kecepatan angin 3,29 m/s menghasilkan putaran sebesar 46,6 rpm. Variasi bukaan *fix drag reducing* 45° pada kecepatan angin 3,26 m/s menghasilkan putaran sebesar 43,5 rpm. Variasi bukaan *fix drag reducing* 60° pada kecepatan angin 3,23 m/s menghasilkan putaran sebesar 37,3 rpm. Variasi bukaan *fix drag reducing* 90° pada kecepatan angin 3,27 m/s menghasilkan putaran sebesar 22,7 rpm. Putaran tertinggi turbin angin tanpa variasi bukaan *fix drag reducing* pada kecepatan angin 5,37 m/s menghasilkan putaran 97,8 rpm. Sedangkan dengan variasi bukaan *fix drag reducing* 10° pada kecepatan angin 5,36 m/s menghasilkan putaran 99,3 rpm. Variasi bukaan *fix drag reducing* 15° pada kecepatan angin 5,38 m/s menghasilkan putaran 99,8 rpm. Variasi bukaan *fix drag reducing* 30° pada kecepatan angin 5,41 m/s menghasilkan putaran 105,9 rpm. Variasi bukaan *fix drag reducing* 45° pada kecepatan angin 5,39 m/s menghasilkan putaran 95,8 rpm. Variasi bukaan *fix drag reducing* 60° pada kecepatan angin 5,35 m/s menghasilkan putaran 85,6 rpm. Variasi bukaan *fix drag reducing* 90° pada kecepatan angin 5,36 m/s menghasilkan putaran 75,6 rpm. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa turbin angin

dengan variasi bukaan *fix drag reducing* 30° memiliki kemampuan yang lebih baik dan menghasilkan putaran tertinggi di setiap rata-rata kecepatan angin dibandingkan dengan variasi lainnya, ini dikarenakan saat angin mendorong sudu *down wind* masih banyak luas sapuan yang diterima sudu tersebut, dan gaya drag pada sudu *up wind* lebih kecil.



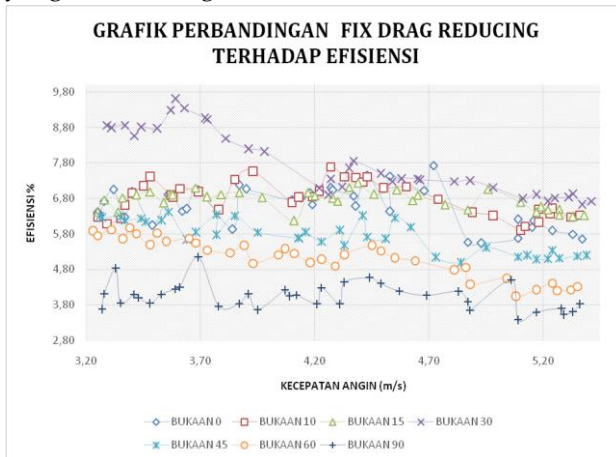
**Gambar 4.3** Grafik hubungan kecepatan angin terhadap daya elektrik generator

Berdasarkan gambar 4.3 besarnya daya yang dihasilkan oleh generator berbanding lurus dengan kecepatan angin. Daya generator dapat diperoleh dengan perkalian antara tegangan dengan kuat arus generator. Apabila kecepatan angin semakin tinggi maka daya yang dihasilkan oleh generator semakin besar. Daya generator yang dihasilkan oleh turbin angin *savonius* tanpa variasi bukaan *fix drag reducing* sebesar 5,37W pada kecepatan angin 5,37 m/s. Sedangkan dengan variasi bukaan *fix drag reducing* 10° sebesar 5,98W pada kecepatan angin 5,36 m/s. Turbin angin dengan variasi bukaan *fix drag reducing* 15° sebesar 6,03W pada kecepatan angin 5,38 m/s. Turbin angin dengan variasi bukaan *fix drag reducing* 30° sebesar 6,52W pada kecepatan angin 5,41 m/s. Turbin angin dengan variasi bukaan *fix drag reducing* 45° sebesar 5,00W pada kecepatan angin 5,39 m/s. Turbin angin dengan variasi bukaan *fix drag reducing* 60° sebesar 4,05W pada kecepatan angin 5,35 m/s. Turbin angin dengan variasi bukaan *fix drag reducing* 90° sebesar 3,61W pada kecepatan angin 5,36 m/s. Daya generator turbin angin *savonius* tertinggi diperoleh pada variasi bukaan *fix drag reducing* 30° sebesar 6,52W pada kecepatan angin 5,41 m/s. Dikarenakan putaran turbin terhadap generator semakin tinggi



## Studi *Experimental* Turbin Angin *Savonius* Satu Tingkat Dengan Penambahan *Fix Drag Reducing* Pada *Returning Blade* (Studi Kasus Pada Dua Sudu)

sehingga mempengaruhi nilai arus dan tegangan yang dihasilkan generator.



**Gambar 4.4** Grafik hubungan kecepatan angin terhadap efisiensi

Berdasarkan gambar 4.7 besarnya efisiensi yang dihasilkan oleh generator cenderung tidak stabil dengan kecepatan angin. Efisiensi yang dihasilkan oleh turbin angin *savonius* tanpa variasi bukaan *fix drag reducing* sebesar 7,73% pada kecepatan angin 4,27 m/s. Sedangkan dengan variasi bukaan *fix drag reducing* 10° sebesar 7,69% pada kecepatan angin 4,27 m/s. Turbin angin dengan variasi bukaan *fix drag reducing* 15° sebesar 7,24% pada kecepatan angin 4,39 m/s. Turbin angin dengan variasi bukaan *fix drag reducing* 30° sebesar 9,62% pada kecepatan angin 3,59 m/s. Turbin angin dengan variasi bukaan *fix drag reducing* 45° sebesar 6,42% pada kecepatan angin 3,56 m/s. Turbin angin dengan variasi bukaan *fix drag reducing* 60° sebesar 5,98% pada kecepatan angin 3,39 m/s. Turbin angin dengan variasi bukaan *fix drag reducing* 90° sebesar 5,15 pada kecepatan angin 3,69 m/s. Efisiensi yang dihasilkan turbin angin di pengaruhi oleh perbandingan daya generator dengan daya turbin angin. Efisiensi tertinggi turbin angin pada variasi bukaan *fix drag reducing* 30° sebesar 9,62% pada kecepatan angin 3,59 m/s. Dikarenakan kecepatan angin antara 3,5 m/s sampai dengan 4 m/s cenderung lebih stabil dibandingkan kecepatan angin yang lainnya.

### PENUTUP

#### Simpulan

Setelah dilakukan penelitian dan dilanjutkan dengan pengolahan data pada bab sebelumnya tentang pengaruh variasi bukaan *fix drag reducing* turbin angin vertikal jenis *savonius* 2 blade 1 tingkat

pada kondisi angin di lapangan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- ❖ Untuk kerja Daya elektrik generator ( $P_g$ ) tertinggi pada variasi bukaan *fix drag reducing* 30° sebesar 6,52W pada kecepatan angin 5,41 m/s dengan pembebanan lampu 10w12v. Sedangkan *tip speed ratio* ( $\lambda$ ) tertinggi pada variasi bukaan *fix drag reducing* 30° sebesar 1,02 pada kecepatan angin 5,41 m/s.
- ❖ Efisiensi *overall* ( $\eta$ ) turbin angin sumbu vertical jenis *savonius* 2 blade 1 tingkat pada kondisi angin di lapangan, hasil tertinggi diperoleh pada turbin angin dengan variasi bukaan *fix drag reducing* 30° sebesar 9,62% pada kecepatan angina 3,59 m/s.

### Saran

- ❖ Untuk penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan turbin angin *savonius* 2 tingkat dengan variasi bukaan *fix drag reducing* dengan kelipatan 5° dan penempatan lokasi yang mempunyai angin yang lebih stabil dan menggunakan material yang lebih ringan dan kuat dalam perancangan turbin angin.
- ❖ Penelitian selanjutnya diharapkan mampu mengembangkan generator turbin angin pada putaran rendah yang menghasilkan daya tinggi
- ❖ Pengembangan sistem pemindahan tenaga yang diteruskan ke dalam generator turbin angin agar meminimalisir gesekan sehingga mampu meningkatkan kinerja turbin angin.

### DAFTAR PUSTAKA

- Aryanto, Firman., Mara, I Made., Nuarsa, Made. 2013. "Pengaruh Kecepatan Angin Dan Variasi Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Horizontal" *Dinamika Teknik Mesin*, Volume 3 No. 1
- Daryanto, Y. 2007. "Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu". Yogyakarta: BALAI PPTAGG - UPT-LAGG.
- Gulve, Piyush., Brave, Dr. S.B. 2014. "Design And Construction of Vertical Axis Wind Turbine". *International Journal of Mechanical Engineering and Technology* Vol. 5.
- Herlambang, Yusuf Dewantoro., Sudjito., Hidayat, Sidiq Syamsul. 2016. "Optimalisasi Daya Turbin Maglev Melalui Variasi Jumlah Sudu



*Dan Variasi Bukaannya Sudut Sudu Serta Variasi Rumah Pengarah Sudu Untuk Pltb".*  
Semarang: Politeknik Negeri Semarang.

Hidayatulloh, Feri. 2107. *"Pengaruh Perubahan Sudut Lengkung Blade Terhadap Kinerja Turbin Angin Savonius Tipe S Dua Tingkat Pada Kondisi Angin Real"*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.

Lake, Elfridus Bruno, dkk. 2015. *"Pengaruh Kecepatan Angin dan Sudut Blade terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Vertikal Tipe Savonius Duabelas Blade"*. LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana, Vol. 02, No. 01.

Mahendra, Bayu., Soenoko, Rudy., Sutikno, Djoko. 2013. *"Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Savonius Type L"*. Malang: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang

Martosaputroa, Soeripno., Murti, Nila. 2014. *"Blowing the Wind Energy in Indonesia"*. Soeripno Martosaputro and Nila Murti / *Energy Procedia* 47 (2014) 273 – 282.

Michael Suseno. 2011. *Turbin Angin : Klasifikasi Turbin Angin*. (Online)  
(<http://michael-suseno.blogspot.co.id/2011/09/turbin-angin.html?m=1>, diakses pada 12 November 2017).

Nahkoda, Yusuf Ismail., Saleh, Chorul. 2015. *"Rancang Bangun Kincir Angin Pembangkit Tenaga Listrik Sumbu Vertikal Savonius Portabel Menggunakan Generator Magnet Permanen"*. *Industri Inovatif* Vol.5, No.2.

Setiawan, Intoyo Budi. 2016. *"Pengaruh Perubahan Sudut Pitch Pada Blade Terhadap Kinerja Turbin Angin Darrieus Tipe-H Dua Tingkat Dengan Pengarah Angin Pada Kondisi Angin Real"*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya

Syahrul. 2008. *"Prospek Pemanfaatan Energi Angin Sebagai Energi Alternatif Di Daerah Pedesaan"*. *Media elektrik*, volume 3 nomor 2.

Tim Penyusun. 2014. *Pedoman Penulisan Skripsi Program Sarjana Strata 1 Universitas Negeri Surabaya*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.